*Nachdruck verboten.*
*Übersetzungsrecht vorbehalten.*

# Die Locomotion der tänioformen Fische.

Von

Dr. **Günther Schlesinger.**

**Mit Tafel 12 und 6 Abbildungen im Text.**

## Einleitung.

Wir wissen, daß gleiche Umformungsreize[1]) einen Organismus in gleicher oder ähnlicher Weise beeinflussen.

Die Gleichheit oder Ähnlichkeit des Umformungsresultates ist durch Grenzen eingeengt, welche mit der Entwicklungsstufe des Tieres gegeben sind.

Formen, welche auf gleicher Stufe der Einwirkung eines und desselben Reizes ausgesetzt sind, beantworten diese mit einer gleichartigen Reaktion:

sie entwickeln sich parallel;
z. B. Fuß der Equiden und Proterotheriden.

Formen dagegen, welche auf verschiedener Stufe der Einwirkung eines und desselben Reizes ausgesetzt sind, beantworten diese mit einer ähnlichen Reaktion:

sie entwickeln sich konvergent;
z. B. *Hyla arborea* (Laubfrosch) und
*Tarsius spectrum* (Koboldmaki).

1) O. Abel, Konvergenz und Deszendenz, in: Verh. zool. bot. Ges. Wien, Jg. 1909, p. (222)—(230).

Je vorgeschrittener die Organisationshöhe eines Tieres ist, desto mehr nimmt seine Fähigkeit sich anzupassen ab[1]); dennoch gelangt es mit Umgehung der ihm gesteckten Grenzen auf Umwegen zu einer ähnlichen Ausbildung, wie sie primitive Formen einfacher erreichen.[2])

Die Gleichheit oder Ähnlichkeit der Umformungsresultate infolge der Anpassung an gleiche Lebensbedingungen hat die Prägung von „Typen“ oder „ethologischen Grundschemen“ zur Folge.

Diese gelten, was die Locomotion anbelangt, bei Landtieren in der Regel bloß den Locomotionsorganen, da auf sie vor allem der Reiz wirkt; bei Wassertieren dagegen tritt die Umformung infolge der größeren Widerstandskraft des umgebenden Mediums am Gesamtkörper des Tieres in die Erscheinung.

Diese Tatsache hat zur Aufstellung zahlreicher Typen unter den Bewohnern des Ozeans geführt.[3])

Die marine Biologie unterscheidet drei ethologische Grundzonen (Zones éthologiques fondamentales)[4]):

1. Das Litoral, in Küstennähe von 0—350 m.
2. Das Pelagial, auf hoher See, küstenfern, von 0—350 m.
3. Das Abyssal (= Bathybial), küstenfern, in einer Tiefe von 350 m und darunter.

Unabhängig von Küstennähe oder -ferne bezeichnet man des weiteren nach dem Eindringen des Sonnenlichts die Region von

1. 0—80 m, mit gutem Licht als euphotisch,
2. 80—350 m, mit Dämmerlicht als dysphotisch,
3. 350 m abwärts, ohne Sonnenlicht als aphotisch.

Endlich teilen wir ganz unabhängig von den ethologischen Grundzonen die Meerestiere in

1. nectonische oder aktiv sich bewegende,
2. planctonische, mit geringer oder gänzlich fehlender Eigenbewegung passiv treibende,

---

1) O. ABEL, Über das Aussterben der Arten, in: Ber. 9. Geol.-Kongress Wien, p. 739—748, 1904.

2) Vgl. „Gesetz der Irreversibilität der Entwicklung“, L. DOLLO, Les lois de l'evolutions, in: Bull. Soc. belg. Géol., Vol. 7, p. 164, Bruxelles 1893.

3) O. ABEL, Die Anpassungsformen der Wirbeltiere an das Meeresleben, in: Vortr. Ver. Verbr. naturw. Kenntnisse Wien, Jg. 48, Heft 14, 1908.

4) L. DOLLO, La paléontologie éthologique, in: Bull. Soc. belg. géol., Vol. 23, p. 388, Bruxelles 1910.

3. benthonische, meist am Boden ruhende Formen.

Für die Betrachtung der zufolge ihrer Locomotion getrennten Typen ist neben der letzterwähnten Einteilung vor allem die Gliederung des Ozeans in Küste, Hoch- und Tiefsee von Bedeutung. Das Meer zeigt im Litoral, Pelagial und Abyssal hinsichtlich der Kraft des bewegten Wassers wie auch des Druckes Verschiedenheiten, die für die Ausbildung bestimmter Locomotionsarten von größter Wichtigkeit sind.

## I. Der tänioforme Typus und die ihm zugehörigen Fische.

„Tänioform" nennt O. ABEL[1]) langgestreckte, bandartige Fische mit seitlich stark zusammengepreßtem Körper.

Diese Charakteristik begreift alles Wesentliche in sich. Denn obgleich das Fehlen der Caudalis als einer durchaus funktionslosen Flosse mit ein Merkmal des idealen Bandtypus ist, bezeichnen wir doch unbedenklich und mit voller Berechtigung Fische, deren Schwanzflosse noch erhalten ist, als tänioform, wenn sie sonst die entsprechenden Charaktere an sich tragen.

Der tänioforme Typus wurde von einer Zahl von Fischen aus den verschiedensten Gruppen als Anpassung an eine gleiche Lebensweise erreicht. Der besseren Übersicht diene zunächst die folgende Zusammenstellung:

Ordo: Actinopterygii.

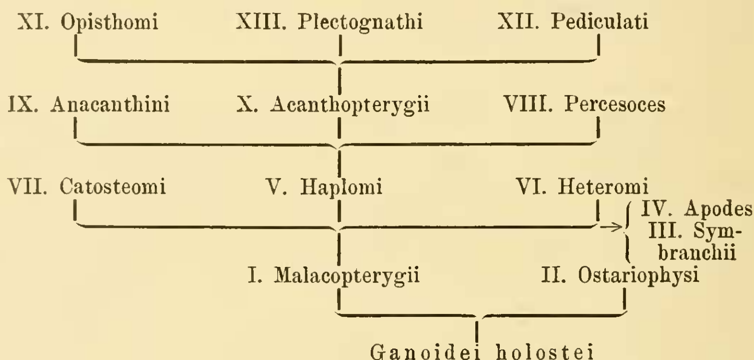
Divisio: Teleostei.

| Subordo | Familia | Genus |
|---|---|---|
| Apodes | *Anguillidae* | *Venefica* JORDAN et DAVIS |
| | *Nemichthyidae* | *Nemichthys* RICH. |
| | | *Avocettina* JORDAN et DAVIS |
| | | *Serrivomer* GILL et RYDER |
| Anacanthini | *Macruridae* | *Ateleopus* SCHLEGEL |
| Acanthopterygii | | |
| Gruppe der Perciformes | *Cepolidae* | *Cepola* LINNÉ |
| Gruppe der Scombriformes | *Trichiuridae* | *Lepidopus* GOUAN |
| | | *Enoxymetopon* (POEY) GILL |
| | | *Benthodesmus* GOODE et BEAN |
| | | *Trichiurus* LINNÉ |
| Gruppe der Taeniosomi | *Trachypteridae* | *Regalecus* BRÜNNICH |
| | | *Stylephorus* SHAW |
| | *Lophotidae* | *Lophotes* GIORNA |

1) O. ABEL, Die Anpassungsformen etc. l. c., p. 12. Die Bezeichnung wurde auf Vorschlag V. PIETSCHMANN's gewählt.

Mit dieser Aufzählung will ich die Zahl der „Bandfische" keineswegs erschöpft haben; es gibt sicherlich noch etliche Formen, die dem Typus mehr oder weniger nahe kommen.

Zum besseren Verständnis der einzelnen Unterordnungen, welchen die verschiedenen Gattungen zugehören, gebe ich G. A. BOULENGER's [1]) Darstellung der Phylogenie der Knochenfische wieder:




Nicht alle tänioformen Fische bieten in den Einzelheiten ihres Baues ein gleiches Bild, da sie ja Descendenten mehrerer, einander

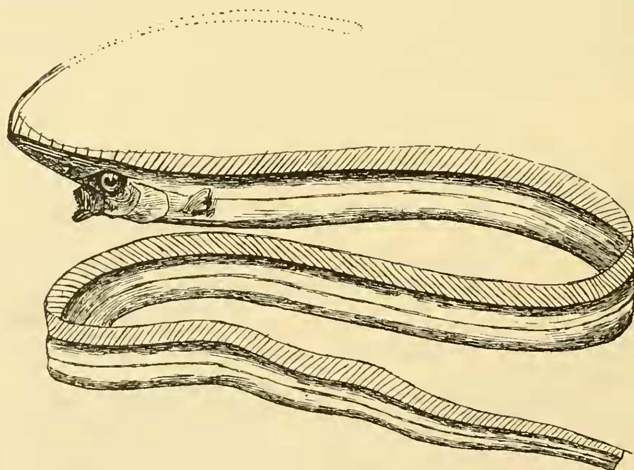


Fig. A.

*Lophotes fiski* GTHR. (nach A. GÜNTHER, in: Proc. Zool. Soc. London, 1890, tab. 19).

1) G. A. BOULENGER, A synopsis of the suborders and families of Teleostean fishes, in: Ann. Mag. nat. hist. (7), Vol. 13—19, p. 166, 1904.

völlig unähnlicher Ahnen sind. Trotzdem sehen wir, daß sich bei allen Formen ein zwar morphologisch verschiedenes, doch physiologisch gleichwertiges Anpassungsresultat ergibt.

Als ideales Beispiel gilt zweifellos die Gruppe der Taeniosomi, vor allem *Regalecus* und *Lophotes* (s. Textfig. A).

Der bis 6 m lange Körper ist hoch und seitlich ungemein stark komprimiert, die verhältnismäßig niedrige Rückenflosse läuft in einen spitzen Schwanzfaden aus, der durch die rudimentäre Caudalis gebildet wird.

Dieser Bauart schließen sich auch die Trichiuriden an, wenngleich nur *Trichiurus* (s. Textfig. B) ein fadenförmiges Schwanzende aufweist, während die übrigen Gattungen mehr oder weniger reduzierte Caudalen tragen. Die Analis ist zwar bei der Mehrzahl der Formen vorhanden, doch nicht von funktioneller Bedeutung.

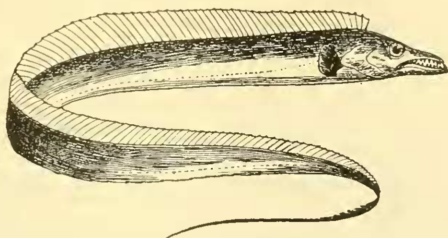


Fig. B.
*Trichiurus lepturus* (nach Brehm.)

Einen anderen, dem besprochenen sehr ähnlichen Bau zeigt die Gattung *Cepola* (s. Textfig. C).

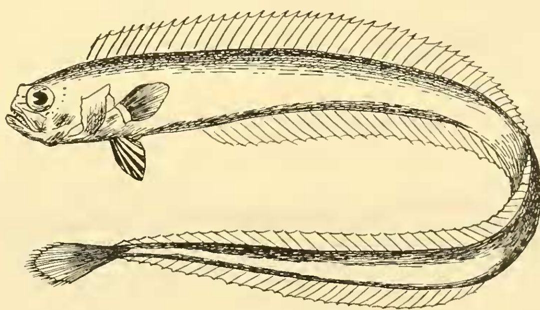


Fig. C.
*Cepola rubescens* (nach Cuv. u. Valenc.).

Auch bei ihr finden wir den verlängerten, stark kompressen Körper wieder, doch nehmen Rücken- und Afterflosse, von welchen jede fast die Hälfte der Körperhöhe einnimmt, an der Bildung des „Bandes" wesentlichen Anteil. Beide Flossen sind von starken, ungeteilten Strahlen gestützt und bilden im Verein mit der spitz endenden Caudalis einen kontinuierlichen Saum um den ganzen Körper.

Eng an die eben besprochene Art schließen sich hinsichtlich der Ausbildung der unpaaren Flossenelemente die Apodes taenioformes an; doch liegt darin ein bedeutsamer Unterschied, daß bei letzteren die Körperkompression ungemein gering ist, wogegen die sehr starkstrahligen Flossen zusammen an Höhe meist das Doppelte des Körpers ausmachen (s. Textfig. D).

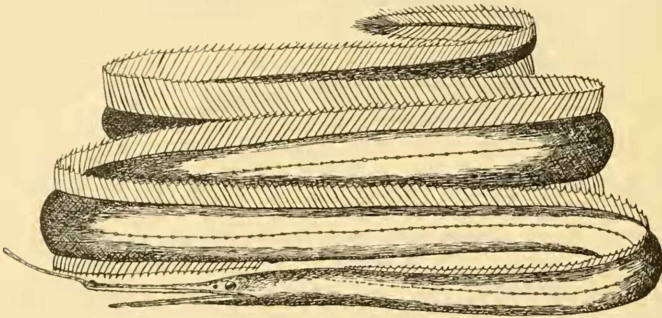


Fig. D.
*Venefica tentaculata* (nach GARMAN, Deap Sea-Fishes).

*Ateleopus* (s. Textfig. E) endlich, ein Macruride, hat bei einem seitlich stark zusammengedrückten Körper nur die Afterflosse funktionell entwickelt, während die zweite Rückenflosse gänzlich verschwunden ist. Der Schwanz ist typisch spitz.

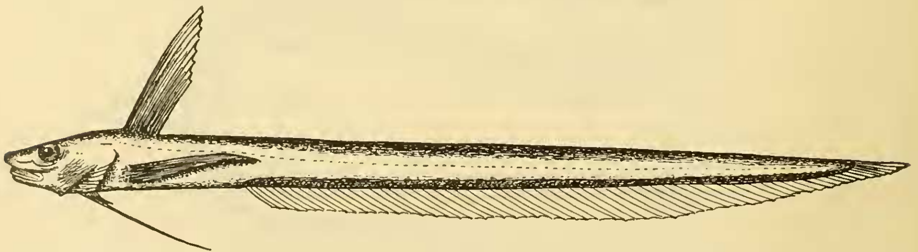


Fig. E.
*Ateleopus japonicus* (nach GÜNTHER „Challenger").

Der eigenartige Gesamtbau der beiden letzten Gruppen ist, wie ich glaube, durch die Irreversibilität der Entwicklung bedingt und bildet zwei neuerliche Belege für dieses von L. Dollo[1]) aufgestellte Gesetz:

Die Aalform, von welcher die Apodes taenioformes sicherlich ihren Ausgang nahmen, stellt mit ihrer ausschließlichen Anpassung an das benthonische Schlamm- oder Sandleben einen Typus dar, der, einmal erreicht, dem Körper ein dauerndes Gepräge verleiht; daher kann die Bandgestalt nicht durch weitgehende Umformung dieses phylogenetisch gefestigten walzenartigen Typs zustande kommen, sondern muß auf Umwegen durch die unpaaren Flossen erreicht werden.

*Ateleopus* dürfte von einem Macruriden stammen, dessen Dorsalis secunda[2]) infolge der Adaptation an den macruriformen Typus stark oder völlig rückgebildet war, wie es bei einzelnen Arten der Gattungen *Chalinura* Goode and Bean und *Hymenocephalus giglioli* der Fall ist. Wieder erklärt uns die Nichtumkehrbarkeit der Entwicklung, warum diese für die Locomotion des Fisches so notwendige Flosse nicht neuerdings in Funktion tritt.

Für sämtliche Bandfische ist ferner noch ein äußeres Merkmal charakteristisch, das sich aus der Ortsbewegung dieser Tiere ohne weiteres begreifen läßt: die Reduktion des Schuppenkleides, die bei den meisten Familien zur totalen Schuppenlosigkeit führt.

## II. Bionomie der tänioformen Fische.

### A. Chorologische Bemerkungen.

Die Hauptverbreitung der behandelten Gattungen sei im Folgenden wiedergegeben:

*Venefica*[3]): Im Westen des Caribischen Meeres, in den küsten-

1) L. Dollo, Les lois de l'evolution, in: Bull. Soc. Belg. Géol., Vol. 7, p. 165, Bruxelles 1893.

2) G. B. Goode and T. H. Bean, Oceanic Ichthyology, Washington 1895, p. 348: „One short dorsal, the rudimentary dorsal of the *Macruridae* having entirely disappeared".

3) S. Garman, Reports on an exploration off the west coasts of Mexico etc., in: Mem. comp. Zool. Harvard Coll., Vol. 24, p. 377, Cambridge Mass. 1899.

fernen Gebieten des Golfes von Panama, Süd-Californiens, Südcarolinas und der Kanarischen Inseln.

*Nemichthys*[1]: Golf von Panama u. Californien, Puget-Sund, Alaska, offenes Meer von Südcarolina bis Neuengland und den Kanarischen Inseln; Bai von Bengalen.

*Avocettina*[2]: Chagos-Archipel.

*Serrivomer*[1]: Golf von Panama und Californien, im Osten von Delaware und in der Umgebung der Azoren.

*Ateleopus*[3]: Japanisches Meer (Oomura).

*Cepola*[4]: Mittelmeer, Nordosten des Atlantischen, Nordwesten des Pacifischen Meeres, Indische und Süd-Australische See.

*Lepidopus*[3]: Cap. St. Lucas, Tasmanien, Neuseeland.

*Euoxymetopon* und *Benthodesmus* schließen sich wie in der Körpergestalt auch in der Verbreitung an *Lepidopus* an.

*Trichiurus*[1]: Golf von Panama, Californien, New York, Montevideo, Caribisches Meer, küstenferne Gebiete von Portugal, der Arabischen See, der Bai von Bengalen, Japans, Neuseelands und Madagaskars.

*Regalecus*[3]: Nordatlantischer Ozean, Küsten von Skandinavien und England, Mittelmeer, Kap der guten Hoffnung, Australische See.

*Stylephorus*[3]: Ein Exemplar zwischen Cuba und Martinique gefangen.

*Lophotes*[3]: Mittelmeer, Japan, Süd-Afrika.

---

Stratigraphisch[5] kommt von den genannten Formen nur *Lepidopus* in Betracht; er ist in 2 Arten im Oligocän des Kantons Glarus in der Schweiz (*L. glarisianus* BLAINV. und *L. brevicauda* v. RATH) und in einer Art aus dem Obermiocän von Licata in Sizilien (*L. albyi* SAUV.) nachgewiesen. Die übrigen Bandfische sind fossil unbekannt.

1) S. GARMAN, l. c.

2) A. BRAUER, in: Wiss. Ergebnisse d. deutschen Tiefseeexpedition „Valdivia", Vol. 15, p. 130, Jena 1906.

3) G. B. GOODE and T. H. BEAN l. c.

4) FR. DAY, The fishes of Great Britain and Ireland, Vol. 1, p. 214, London 1880—1884.

5) A. SMITH-WOODWARD, Catalogue of the fossil fishes in the British Museum, London 1891.

## B. Ethologie.

### 1. Aufenthaltsort.

Die Art der Fortbewegung ist bei den meisten Tieren eng verknüpft mit der Umgebung, in welcher sie leben. Dies gilt vor allem für die Bewohner des Wassers. Die nectonischen Tiere der stürmischen Hochsee werden von anderen Reizen beeinflußt als die ruhiger Wasserschichten, die Reaktion auf diese Reize muß daher naturgemäß zu verschiedenen Idealtypen der Adaptation führen. Überblicken wir die Angaben über den Aufenthalt unserer Bandfische, so finden wir, daß es ausnahmslos Formen der ruhigen, tieferen oder tiefsten Gebiete des Meeres sind, daß ferner diejenigen, welche zeitweise an die Oberfläche kommen, Einrichtungen besitzen, welche den ungünstigen Einfluß dieses Milieuwechsels für ihre Ortsbewegung beheben oder doch wesentlich abschwächen.

Ausgesprochene Tiefseetiere sind die Apodes taenioformes. *Venefica*[1]) wurde vom „Albatross" in Tiefen von 178—1067 Faden, vom „Talisman" in 1202 Faden gedredgt. *Nemichthys*[1]) vom „Fish-Hawk", „Ingolf" und „Albatross" zwischen 216 und 2369 Faden.

Wichtiger als die Resultate all dieser Expeditionen sind uns für die Beurteilung des Aufenthaltes unserer Genera die Angaben der Deutschen Tiefsee-Expedition „Valdivia" über *Avocettina* und *Serrivomer*, da wir infolge der Anwendung der Schließnetze volle Sicherheit haben, daß die Stücke nicht beim Aufziehen des Netzes in dasselbe geraten sind. A. Brauer gibt für erstere Art (*A. infans*)[2]) an:

„Ein Exemplar im Chagos-Archipel in 1900 m gedredgt bei einer Bodentiefe von 3396 m."

Für *Serrivomer sector*[3]) verzeichet er als Tiefe des Fanges 2200 m, wo die Lotung 4709 m ergab.

Daraus ergibt sich ferner mit voller Klarheit die für die Anpassung dieser „Aale" wichtige Tatsache, daß wir es mit ausschließlich nectonischen Bewohnern der Tiefsee zu tun haben.

Dürftig sind die Nachrichten über *Ateleopus*.

1) S. Garman, l. c., p. 406 u. 407.
2) A. Brauer, l. c., p. 130.
3) A. Brauer, l. c., p. 133.

Ein Exemplar wurde vom „Challenger“ [1]) in einer Tiefe von 300—400 Faden gefangen; doch ist die Angabe von Günther als fraglich bezeichnet. 1891 wurde vom „Investigator“ [2]) ein zweites Individuum zwischen 188 und 220 Faden erbeutet.

*Cepola* ist von der Mehrzahl der Autoren als Küstenform ohne nähere Fanglegende bezeichnet. Ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich annehme, daß *Cepola*, wenn auch küstennah, nur die tieferen, ruhigeren Wasserschichten zu ihrem Aufenthalte wählt, und werde in dieser Meinung durch eine Mitteilung J. Couch's [3]) bestärkt:

„From circumstances attending its capture with us, it appears that its habits are to keep in rocky ground at a moderate depth of water.“

Zudem bezeichnet sie W. Yarrell [4]) als „swimming with ease in midwater“ und schließt daran Betrachtungen, die zwar nichts Positives bringen, doch offenbar durch das häufige Stranden von Cepoliden veranlaßt waren und dadurch die Unmöglichkeit einer erfolgreichen Locomotion dieser Fische im bewegten Wasser erweisen.

„The combination of great length with extreme tenuity of body, by diminishing the quantity of muscles, and at the same time preventing its being brought into concentrated action upon a single centre of motion, must necessarily leave them at all times much at the mercy of currents, amid which they are to wriggle or float, but against which they are evidently incapable of swimming with any vigorous effort: by their struggles in the ocean, they cannot fail to become speedily exhausted, and they are rejected by the waves like inanimate matter, upon any coast toward which the winds may have driven them.“

*Lepidopus* ist durch die Berichte der „Valdivia“ als bathynectonisch erwiesen.

Zwei Stücke (*L. xanthusi* [5]) und *L. argenteus*) wurden mittels des Schließnetzes in 1500 m bei einer Bodentiefe von 3035 m im ersten, 5064 m im zweiten Fall gefangen.

Ein Gleiches gilt zweifellos für die — meist höher speziali-

1) A. Günther, l. c., p. 159.
2) G. B. Goode and T. H. Bean, l. c., p. 349.
3) J. Couch, Fishes of the British Islands, p. 263, London 1863.
4) W. Yarrell, A history of British fishes, Vol. 1, p. 227, London 1891.
5) A. Brauer, l. c., p. 293.

sierten — verwandten Gattungen *Euoxymetopon*, *Benthodesmus* und *Trichiurus*.

*Regalecus* und *Lophotes* dürften zwar gleichfalls Formen des tieferen Meeres sein, doch nicht so ausschließlich an die Tiefsee gebunden, wie es A. GÜNTHER[1]) wenigstens für erstgenanntes Genus aus der Dekalzifikation des Skelets schließen zu müssen glaubt. Denn einerseits ist die Entkalkung der Knochen, wie L. DOLLO[2]) eingehend nachgewiesen hat, keineswegs für das Abyssal allein charakteristisch, sondern findet sich in gleicher Weise bei hochgradig pelagischen Fischen, andrerseits weisen, wie wir später sehen werden, die Angaben über den Fang lebender Regaleciden zwingend darauf hin, daß wir es mit Tieren der mittleren pelagischen Meeresschichten zu tun haben.

Eines ersehen wir mit voller Unzweideutigkeit aus all dem Gesagten, daß die tänioformen Fische, mögen sie nun größere oder geringere Tiefen bewohnen, immer an die ruhigen Wasserschichten gebunden sind, eine Erkenntnis, die mit der von ihnen ausgebildeten, ganz eigenartigen Locomotion durchaus im Einklang steht.

## 2. Nahrungsweise.

Zur Darstellung der Ernährungsweise unserer Bandfische wird es günstig sein die systematische Ordnung zu verlassen, um einesteils die gleichen Typen von Schnauzen zusammennehmen zu können, anderenteils das besser Bekannte voranzustellen.

Eine weitgehende Übereinstimmung in der Ausbildung des Mundapparats zeigen *Cepola*, *Regalecus* und *Lophotes*. Schon nach der äußeren Gestalt und den schwachen, nach hinten geneigten Zähnen zu schließen, sind die Tiere planctonophag. Die Literaturangaben bestätigen diese Auffassung.

*Cepola*[3]): „its food is the smaller sorts of crustaceans and perhaps mollusks, which the relative capacity of its gape enable it to seize with readiness, and which the spreading direction of its teeth must asist to retain with firmness.“

---

1) A. GÜNTHER, Catalogue of the fishes in the British Museum, Vol. 3, p. 300, London 1864.

2) L. DOLLO, Les poissons voiliers, in: Zool. Jahrb., Vol. 27, Syst., p. 428, 1909.

3) J. COUCH, l. c., p. 263.

*Regalecus*[1]: „Being destitute of teeth the creature is, of course, perfectly harmless, and probably feeds on minute crustacea and medusae."

Ferner[2]: „from an examination of the contents of the stomach they were led to conclude that its habitual food had been confined to the spawn of other fish, and the soft, small, defenceless inhabitants of the deep."

Endlich eine Angabe über den an Schnauzenform gleichen *Trachypterus*[3]:

„Le gymnètre est un poisson très vorace: nous avons trouvé dans son estomac des debris de clupée, un grand nombre des sépioles, de petits crustacés, et surtout beaucoup de salpas dont l'espèce paraît faire sa principale nourriture."

Eine zweite, in sich geschlossene Gruppe hinsichtlich der Nahrung bildet die Familie der *Trichiuridae*. Das kräftige mit großen, heterogenen Zähnen besetzte Gebiß charakterisiert sämtliche Arten als gefährliche Räuber. A. Wettstein[4]) bestätigt dies auch aus dem Studium der fossilen *Lepidopus*-Arten:

„Unter den versteinerten Formen von Glarus sind denn auch Skelette, wo im Bauchteil drin noch die Wirbelsäulen und Kopfknochen von kleineren Fischen liegen, so häufig, daß man fast annehmen muß, er habe sich bisweilen an zu großen Bissen vergriffen und dabei infolge Verdauungsbeschwerden den Tod gefunden."

Völlig unbekannt sind uns Nahrung und Ernährungsweise der aufgezählten Apodes[5]) und des *Ateleopus*. Doch können wir aus dem Nachweise der bathynectonischen Lebensweise dieser Fische in einem mehrere 1000 m zählenden Abstand vom Boden mit ziem-

1) Fr. McCoy, Prodromus Zool. Vict., p. 172, Melbourne 1888.

2) Fr. Day, l. c., p. 223.

3) Cuvier et Valenciennes, Histoire natur. des poissons, Vol. 10, p. 345, 1835.

4) A. Wettstein, Die Fischreste der Glarner Schiefer, in: Abh. schweiz. paläontol. Ges., No. 2, Vol. 13, p. 20, Basel 1887.

5) Es ist eine sehr bedauerliche Tatsache, daß wie im allgemeinen, so auch bei den hochinteressanten Tiefseefischen das bionomische Moment fast gänzlich außer acht gelassen wurde. Die Fische des Abyssals haben zum Teil Organe, für deren Verständnis wir im Litoral oder Pelagial keinerlei Anhaltspunkte haben. Untersuchungen des Mageninhaltes würden uns in manchen Fällen der Lösung der Frage nach der Ernährung dieser Tiere wenigstens näher bringen. Ich denke vor allem an Formen wie *Nemichthys* oder *Avocettina* (s. Textfig. F).

licher Wahrscheinlichkeit annehmen, daß sie ihren Nahrungsbedarf aus den die gleichen Regionen bewohnenden größeren oder kleineren Tieren decken.

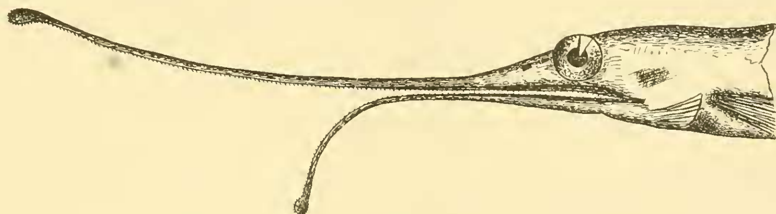


Fig. F.
*Avocettina infans* (nach BRAUER, „Valdivia").

Zusammenfassend kommen wir auch von diesen bionomischen Betrachtungen zu einem Schluß, der mit der weiter unten erörterten Locomotion völlig übereinstimmt.

3. Locomotion.

Zur Darlegung der Ortsbewegung der tänioformen Fische wie auch der Umformung ihres Skelets und Gesamtkörpers wähle ich zunächst die Form, welche den Typus am besten vertritt: *Regalecus*.

Durch die eingehende Beschreibung des Skelets [1]) dieses Fisches wie durch die zahlreichen Mitteilungen über den Fang einzelner Individuen — man hielt *Regalecus* lange für die vielgenannte „Seeschlange" — sind wir in der Lage, über seine Locomotion ein klares und unzweideutiges Bild zu erlangen.

Zieht man ein etwas steifes Band, vertikal gestellt, erst langsam, dann immer schneller durch das Wasser, so bewegt es sich in einer seitlichen Schlangenlinie, deren Bogenzahl mit der Zunahme der Geschwindigkeit des Durchziehens wächst.

Der Versuch gibt uns einen Begriff von der je nach der Geschwindigkeit verschiedenen Bewegungsart der Bandfische.

Betrachten wir nunmehr unter diesem Gesichtspunkte das Skelet des *Regalecus*:

Sämtliche Knochen sind schwach und äußerst biegsam, der Großteil ist dekalzifiziert. Die ganze Wirbelsäule gleicht einem

1) J. J. PARKER, Skeleton of Regalecus argenteus, in: Trans. zool. Soc. London, Vol. 12, 1886.

weichen, elastischen Stab, an den sich dorsal die zu einer physiologisch-einheitlichen, biegsamen Stützplatte vereinten Dornen, Träger und Flossenstrahlen anschließen. Die Hämapophysen sind zu kleinen nach hinten gebogenen Rudimenten verkümmert, die ganze Wirbelsäule ist aus der Mitte der Körperhöhe gegen ihr unteres Ende gerückt.

„The vertebral centra are deeply amphicoelous and may be described as consisting of two cones of wonderfully thin papery bone united apex to apex and bound together externally by a larger or smaller number of longitudinal bony plates, radiating outwards from the long axis of the centrum." [1])

Die Bedeutung dieser „longitudinal bony plates" wird uns erst klar, wenn wir die genaueren Verhältnisse des Skelets der dorsalen Grenzlinie des Körpers kennen gelernt haben. Vorläufig sei nur darauf hingewiesen, daß sie nach rückwärts an Stärke zu-, an Zahl abnehmen und am weitaus größten Teile der Wirbelsäule beiderseits als zwei seitlich abstehende Knochenblätter an jedem Wirbel vorhanden sind.

Die langen Neurapophysen erheben sich normal aus der Mitte des Centrum vertebrae und sind mit den Strahlenträgern (interspinous bones) durch ein elastisches Ligament verbunden:

„The neural spines and interspinous bones are united by a strong longitudinal ligament, ... which extends from the tip of the first to that of the last neural spine" (p. 24) (s. Taf. 12).

Von größtem Interesse sind die Interspinalia:

„The interspinous bones having the form of a „Y" with stout „arms" and an extremely long, slender „stem"; in the anterior interspinous bones the arms occur more or less united into a single triangular plate" (p. 23).

Auf die Bedeutung dieser dreieckigen Platten (Taf. 12 Fig. 1) komme ich später zurück; sie treten nur an den ersten 13 Flossenträgern auf und sind durch besondere Verhältnisse in der Muskulatur dieses Körperabschnitts bedingt.

„The mode of articulation of the interspinous bones and fin-rays is decidedly interesting. The interspinous bones are so arranged that the posterior arm of one comes in close contact with the anterior arms of its successor, the two being bound together by ligament, and their ends sloped towards the point of contact so as

---

1) J. J. Parker, l. c., p. 20.

to form a sort of shallow cavity. In this cavity is fastened by ligament an ovoidal nodule of cartilage, . . . upon which is perched, by its saddle-shaped proximal end, a dermal fin ray" (p. 24) (s. Taf. 12 Fig. 2).

Die Art und Weise der Verbindung dieser Yförmigen Träger gestattet zufolge der Anordnung der Ligamente und Knorpelstücke, mittels welcher die Strahlen articulieren, zwar in hohem Maße eine seitliche Bewegung, macht aber ein dorsoventrales Ausbiegen des Körpers nahezu unmöglich.

Dieser für eine „undulatorische" Locomotion zweifellos äußerst vorteilhafte Skeletbau zeigt noch eine Eigentümlichkeit, die Parker zwar gezeichnet, doch nicht erwähnt hat, da er sie anscheinend für unbedeutend hielt.

Gerade sie gibt uns das Verständnis für die oben erwähnten „longitudinal bony plates" und läßt uns die motorische Tätigkeit des Muskelapparats der Bandfische erkennen.

Die Träger zeigen dort, wo sie sich gabeln, tiefe vom „Stamm" über den rechten „Arm" verlaufende, nach hinten offene Gruben, welche als Ansatzstellen für Längsmuskeln deutlich erkennbar sind (s. Taf. 12 Fig. 2).

Ihrer Funktion nach gleich sind die seitlich abstehenden Knochenlamellen der Wirbel. Beide dienen als Stützen einer reichen Längsmuskulatur, deren fortgesetzte Kontraktion die undulatorische Bewegung zur Folge hat.

Die Auffassung des Skelets von *Regalecus* stützen die Beobachtungen an *Lepidopus* und *Cepola* [1]).

Über *Lepidopus* liegen uns zwei genaue Beschreibungen an Hand von fossilem Material vor, aus welchem wir ersehen, daß der Bauplan des Knochengerüstes wesentlich derselbe ist.

Schon L. Agassiz [2]) schreibt:

„Les osselets interapophysaires sont à-peu-près de même grandeur que les apophyses épineuses et intimement unies à ces dernieres, auxquelles ils correspondent exactement par leur nombre";

---

1) Durch die Liebenswürdigkeit der Herren Kustos F. Siebenrock und Dr. V. Pietschmann vom k. k. naturh. Hofmuseum in Wien war ich in der Lage ein Skelet von *Cepola rubescens* studieren zu können; ich spreche hier nochmals beiden Herren meinen aufrichtigsten Dank aus.

2) L. Agassiz, Recherches sur les poissons fossiles, Vol. 5, pt. 1, Neuchatel 1833—1843, p. 69 u. 70.

(eine geringfügige Abweichung von *Regalecus*, bei dem die Träger an Zahl die Dornen um das Doppelte übertreffen);

„le sommet de chaque osselet est dilaté en une arête horizontale, qu'on pourrait appeler l'arête marginale. Cette arête a deux branches, une antérieure et une postérieure. L'antérieure, qui est la plus courte, est terminée en pointe et inclinée en avant et en bas, de manière à supporter la branche postérieure de l'osselet précédent. La branche postérieure est divisée en deux pièces, qui sont unies par une suture, et c'est contre son extrémité, que s'articule le rayon de la nageoire auquel elle sert en quelque sorte de contrefort et qui est implanté exactement au dessus de l'axe vertical ou de la tige de l'osselet. De la combinaison de tous ces osselets resulte une chaîne osseuse assez solide, qui s'etend tout de long du dos. La même structure se répète au bord inférieure, à partir de l'anale, avec cette seule différence, qu'ici les branches des osselets formant l'arête marginale, sont d'égale longueur de chaque côté et que la branche postérieure n'est pas divisée en deux pièces."

Ganz ähnlich sagt A. WETTSTEIN [1]): „Sowohl an die Neur- als an die Hämapophysen schmiegen sich jeweilen auf der vorderen Seite die Träger an, derart daß Träger und Apophysen im fossilen Zustand wie ein einziger Knochen erscheinen ... Die Träger erweitern sich an ihren Enden Tförmig und die nach beiden Seiten fast horizontal abgehenden Äste schließen auf der ganzen Rückenseite und im Caudalteil auch auf der Bauchseite zu je einer zusammenhängenden Knochenkante aneinander".

Später weist derselbe Autor [2]) darauf hin, daß „der ganze Skeletbau sich in ausgezeichneter Weise für eine schlängelnde Bewegung, für ein seitliches Biegen des Körpers eignet, dagegen durch die Rücken- und die Bauchknochenlinie ein jedes Auf- und Abwärtsbiegen in bedeutendem Maße, wozu z. B. die Aale befähigt sind, unmöglich macht".

Die Übereinstimmung beschränkt sich nicht nur auf diese Hauptmomente des Baues; auch die Ansätze für die Längsmuskeln an der Wirbelsäule sind vorhanden, wie einer Mitteilung von L. AGASSIZ [3]) zu entnehmen ist:

„Les corps même des vertébres ont une conformation parti-

---

1) A. WETTSTEIN, l. c., p. 22.
2) A. WETTSTEIN, l. c., p. 29.
3) L. AGAZZIG, l. c., p. 69.

culière; ils sont plus ou moins comprimés latéralement et plus longs que hauts; sur les côtés, il-y-a une forte impression[1]), qui est d'autant plus marquée que les vertèbres sont plus grandes et que les apophyses transverses sont moins développées."

An dem mir vorliegenden Skelete von *Cepola rubescens* finde ich sämtliche Punkte vollauf bestätigt:

Die Wirbel sind gleichfalls komprimiert und tragen in der Mitte eine deutliche seitlich abstehende Knochenlamelle. Die von der Mitte der Zentren ausgehenden oberen und unteren Dornen werden in engem Anschluß von den gleichlangen Trägern fortgesetzt. Diese teilen sich wie bei *Lepidopus* in zwei Äste, einen vorderen, kürzeren, an dem der Strahl articuliert, und einen hinteren, längeren, der zum Vorderast des folgenden Trägers eine horizontale Verbindung herstellt, so daß das Gesamtbild dem bei *Lepidopus* beobachteten durchaus gleichkommt.

Die Weichheit und Biegsamkeit der Knochen ist auch für diese Form bezeichnend.

Aus dem Studium der drei Skelete resultiert als typischer Grundriß für den als Körperstütze dienenden Organkomplex der Brandfische ein lang ausgezogenes Rechteck, dessen versteifte obere und untere Begrenzungslinie ein Ausbiegen in diesen beiden Richtungen unmöglich macht, während seitliche Krümmungen durch die Regelmäßigkeit des Baues und die Elastizität der Knochen auch in großer Zahl ermöglicht sind.

Der Körper der tänioformen Fische ist für eine seitlich schlängelnde Bewegung eingerichtet, deren Sförmige Bogen mit der Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung an Zahl zunehmen, so daß sich die Locomotion bei rascher Förderung des Körpers als eine laterale Undulation des ganzen Leibes darstellt.

Gerade für die ruhigeren Wasserschichten, welche die tänioformen Fische bewohnen, ist eine derartige Bewegung äußerst vorteilhaft.

Nun begegnen wir bei zwei Bandfischen, welche durch die Länge, Höhe und geringe Dicke ihres Körpers sozusagen den Idealtypus verkörpern, Organen, die um so merkwürdiger sind, als sie bei Arten der Gattungen besonders zur Entfaltung gelangen, welche

1) Die Sperrung rührt von mir her.

des öfteren an der Oberfläche gesehen und gefangen wurden: *Regalecus* und *Lophotes*.

Bei *Regalecus argenteus* (s. Taf. 12 Fig. 1) sind die ersten 13 Strahlen der Dorsalis mächtig verlängert und bilden einen hohen Kamm, der in einem Bogen nach hinten gekrümmt ist. Der erste Strahl ist besonders stark[1]), alle tragen an der Basis kuglige Gelenkköpfe, die in Knorpelstücke eingelassen sind. Daß dieser Kamm funktionelle Bedeutung hat, zeigt uns ein Blick auf die entsprechenden Strahlenträger.

Die ersten 5 sind zu einer einheitlichen Platte verschmolzen.

„The first five interspinous bones are, moreover, ankylosed together, forming an irregular laterally compressed bone, and thus affording a firm support to the crest" (p. 25).

Die Funktion derselben hat bereits Parker erkannt und in den zuletzt zitierten Worten ausgedrückt: sie dienen — und das gleiche gilt von den 7 folgenden[2]) — zum Ansatz der mächtigen Stützmuskulatur des Kammes; mit Hilfe dieser Muskeln kann letzterer fixiert werden[3]) und bildet ein Organ, das ähnlich dem Kiel der Notopteriden[4]) das Wasser durchschneidet und dem Körper für die Undulation präformiertes Kielwasser gibt.

Diese Auffassung findet ihre Stütze in einem an gleicher Stelle auftretenden Organ bei *Lophotes fiski*:

„The head is scarcely deeper than the body, strongly compressed; its upper part forms a low crest, which is prolonged forward into an extraordinary sword-shaped process, which projects far beyond

1) „The first ray is a pretty strong spine arising just within the frontal curve . . ." J. J. Parker, On a specimen of the great Ribbon Fish, in: Trans. New Zealand Inst., Vol. 16, p. 287, Wellington 1884.

2) J. J. Parker (l. c.) nahm nur 5 Strahlen als verlängert an; die folgenden waren bei seinem Exemplar abgebrochen. Doch hätte er aus den starken Ansatzflächen und den „ankylosed triangular bony plates" am distalen Ende der Träger, welche gleichfalls dem Muskelansatz dienen, die 7 Strahlen lang und nach rückwärts an Stärke mäßig abnehmend rekonstruieren können.

3) J. J. Parker (On a specimen of the great Ribbon Fish etc.) teilt eine Beobachtung mit, die ein Fischer, welcher Nelson einen *Regalecus* brachte, gemacht hatte: „The person who saw the fish run ashore described these spines as presenting the appearance of three small masts to a boat." Ein deutlicher Hinweis, daß der Fisch die Strahlen während des Schwimmens steif aufrichtet.

4) G. Schlesinger, Die Locomotion der Notopteriden, in: Zool. Jahrb., Vol. 29, Syst., p. 686—687, 1910.

the snout; . . . thin as the blad of a knife. it is sharp edged above and below. Dorsal fin commences on the extremes point of this process with an extremely long and compressed ray"[1]) (s. Textfig. A auf S. 472).

Die Ansicht, welche uns die morphologische Analyse nahe legt, findet in zahlreichen direkten Beobachtungen einzelner Formen ihre volle Bestätigung.

Schon 1841 berichtet W. Yarrell[2]) über *Lepidopus argenteus*: „It was swimming with astonishing velocity, with its head above water — to use the fisherman's expression „going" as swift as a bird — and was killed by a blow of an oar."

Wenn damit auch noch nichts über die Art der Bewegung gesagt ist, so ist doch die Schnelligkeit derselben erwiesen.

J. Couch[3]) teilt die Beobachtungen Hancock's und Embleton's mit:

„The fish as they[4]) drew near to it righted itself in the water, and came with a gentle lateral undulating motion[5]) towards them, shewing its crest and a small portion of the head above water; they struck it with a rod, to which was attached a hook, used for landing fish, on which it made off with a vigorous and vertical[6]) undulating motion, and quickly disappeared."

Derselbe Autor wiederholt Risso's Ansicht über die Locomotion von *Cepola* (l. c.):

„He says that with its smooth and flexible body it is able to move in a serpent-like manner with considerable activity."

Die nächsten Berichte bringt Fr. Day[7]):

*Lepidopus caudatus* (p. 157): Montagu's first specimen was said to have been seen swimming with great velocity, its head being above the surface of the water; . . . other observers have confirmed the statement as to its rapidity of movement."

---

1) A. Günther, Description of a new deep-sea fish from the Cape, Lophotes fiski), in: Proc. zool. Soc. London, p. 245, 1890.

2) W. Yarrell, l. c., p. 199.

3) J. Couch, l. c.

4) Damit sind die Leute gemeint, welche den Fisch fangen wollten.

5) Die Sperrung stammt von mir.

6) Die „vertikale Undulationsbewegung" ist zweifellos so aufzufassen, daß sich der Fisch vorerst auf die Seite legte; anderenfalls wäre eine derartige Bewegung unmöglich.

7) Fr. Day, The fishes etc., 1880—1884.

*Regalecus banksii* (p. 222):

„Their movements are undulating and rapid."

*Cepola rubescens* (p. 214):

„It moves in a serpentine manner and with considerable activity."

1887 beschäftigt sich A. Wettstein[1]) mit der Frage und sagt von *Lepidopus*:

„Der lange, bandartige und doch fest gebaute Körper schießt in schlängelnder Bewegung ungemein rasch durch das Wasser dahin." . . .

„Die hohe bandförmige Gestalt des Körpers übernimmt selbst die Steuerung beim Schwimmen."

Fr. McCoy[2]) ist mit Couch der Ansicht, daß *Regalecus* die „Seeschlange" ist, und bestätigt bei dieser Gelegenheit die Undulation:

„The mode of progression described and roughly sketched by mariners. vertical undulation seen on the surface of the sea in the ‚Sea-Serpent'. although so unusual in fishes, has actually been observed in this fish."

Aus demselben Jahre liegt uns eine Fangangabe von *Nemichthys scolopaceus*[3]) vor:

„It was taken near Seattle on Puget-Sound swimming near the surface. Its movements in life were very active."

1891 erhalten wir eine weitere Bestätigung durch R. J. Kingsley[4]); auch er gibt Couch recht, wenn er meint, „that this fish is the ‚sea serpent'", und fährt dann fort:

„when we consider that one cast on the shore at Red car in 1850 was 24 ft. long, we may fairly suppose there are still larger ones in the depth of the ocean. Its great rarity renders it a most unfamiliar object to sea-faring man, and it does not require a very great stretch of imagination to see in a huge fish of this kind, with its peculiar and mysterious-looking crest elevated above the surface of the water, and its long body and undulating motion, an

1) A. Wettstein, l. c., p. 17.

2) Fr. McCoy, Prods. Zool. Vict., p. 172, Melbourne 1888.

3) D. S. Jordan and B. M. Davis, A preliminary review of the apodal fishes or eels inhabiting the waters of America and Europe, in: Rep. U. S. Fish. Comm. f. 1888, p. 657, Washington 1892.

4) R. J. Kingsley, On a specimen of the great Ribbon fish, in: Trans. New Zealand Inst. (1890), Vol. 22, p. 333, Wellington 1891.

apparition which to ordinary people could be explained in no other way than by the supposition that it was the ‚veritable sea-serpent'."

Schließlich noch die beiden Zitate aus jüngster Zeit:

1896[1]), „*Trichiurus lepturus*, a fish very similiar in form[2]), is a very strong, swift swimmer."

1904[3]), *Nemichthys avocetta*:

„It is worthy of note that the specimen was captured while ‚swimming at the surface of the water like a snake'."

Was uns die Betrachtung des Gesamtbaues der Skelete von *Regalecus*, *Lepidopus* und *Cepola* nahe legte, das Studium der Einzelheiten aber zur überzeugenden Gewißheit erhob, das finden wir aus einer großen Zahl von direkten biologischen Beobachtungen dieser drei Formen endgültig bestätigt; ja es gibt uns sogar eine Mitteilung über *Nemichthys*, einen Vertreter der bathynectonischen Apodes, die Möglichkeit, unsere Schlüsse auch auf diese Gruppe unbedenklich auszudehnen.

Wir können demnach erklären, daß die tänioformen oder bandartigen Fische sich vermöge ihres äußerst vorteilhaft gebauten Körpers durch seitliche Schlängelung desselben vorwärts bewegen, daß die Zahl der vom Kopf zum Schwanz verlaufenden Lateralwellen mit der Zunahme der Geschwindigkeit der Locomotion wächst, so daß wir bei sehr rascher Bewegung von einer wirklichen „Undulation" im strengsten Wortsinne sprechen können.

## III. Zusammenfassung.

1. Der tänioforme Typus ist eine an die ruhigen Wasserschichten gebundene Anpassungsform nectonischer Fische.

2. Die ihm zugehörigen Formen bewegen sich mittels seitlicher Wellen des ganzen Körpers, deren Zahl sich mit der Schnelligkeit der Locomotion steigert.

3. Die bei einzelnen Formen nachgewiesenen gleichen Spezialisationen im Gesamtbau des Knochengerüstes begünstigen eine der-

---

1) G. B. Goode and T. H. Bean, Oceanic Ichthyology, p. 476.

2) Bezieht sich auf die langgestreckten Trachypteriden. Das Zitat ist der Familiencharakteristik dieser Gruppe entnommen.

3) Ch. H. Gilbert, Notes upon fishes from the pacific coast of North Am., in: Proc. California Acad., Zool. (3), Vol. 3, p. 256, San Francisco 1904.

artige Vorwärtsbewegung ungemein, dadurch, daß sie wohl ein laterales Ausbiegen im weitesten Maße gestatten, ein dorsoventrales aber durch eigenartige Versteifungen unmöglich machen.

4. Die analoge Ausbildung der Körperform wie des Skelets bei diesen Fischen als Folge einer gleichen Ortsbewegung gibt einen neuen Beweis für die Tatsache, daß Tiere auch verschiedener Organisationshöhe ein und denselben andauernden Reiz, der ihren Organismus trifft, in gleicher oder ähnlicher Weise beantworten.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Tafel 12.

Fig. 1. *Regalecus argenteus*, darstellend die ersten 3 Wirbel, mit den 13 vordersten Strahlenträgern und Strahlen (nach J. J. PARKER, in: Trans. zool. Soc. London, Vol. 12, tab. 6, 1886).

Fig. 2. Schwanzende von *Regalecus argenteus* (nach J. J. PARKER, ibid.).